

F. Porchet & E. Chuard.

---

## De l'action des sels de cuivre sur les végétaux.

---

Ce sujet, auquel on veut bien nous demander de consacrer ici quelques lignes, a pris dans les vingt dernières années écoulées une importance capitale, non seulement au point de vue de la physiologie végétale, mais aussi au point de vue de la pratique, depuis que les sels de cuivre sont employés, chaque été, en quantités énormes, contre les maladies cryptogamiques de la vigne et surtout dans la lutte contre le mildiou.

Le Laboratoire de la Station viticole de Lausanne a entrepris dès l'année 1886 déjà des recherches dans ce domaine, et plusieurs publications successives ont présenté au public les résultats obtenus dans diverses directions. Nous avons tout d'abord étudié l'influence des sels de cuivre employés contre le mildiou sur la *qualité de la récolte*, c'est-à-dire du vin après fermentation. L'un de nous a en particulier démontré que le cuivre qui peut être entraîné avec la vendange et pénétrer jusque dans le moût, s'élimine par la fermentation, de telle sorte qu'on en retrouve des traces assez fortes dans les *lies* du premier transvasage, tandis que le vin dépouillé en est totalement débarrassé ou n'en renferme plus que des traces infinitésimales, sans aucune signification au po

de vue hygiénique, puisque nombre d'aliments (conserves, etc.) en renferment bien davantage sans qu'il en résulte d'inconvénient.

Nous avons étudié ensuite l'influence des sels de cuivre sur la végétation de la vigne, et d'une manière plus générale sur la végétation en général et surtout sur les phénomènes de maturation du fruit.

Il a fallu pour cela chercher à résoudre tout d'abord la question beaucoup plus compliquée qu'elle n'en a l'air de la pénétration dans l'organisme végétal des sels de cuivre appliqués extérieurement sur les feuilles, lors des sulfatages. Ces recherches ont fini par démontrer qu'effectivement les traitements cupriques ont pour conséquence l'introduction dans le végétal de très petites quantités de cuivre, qui suffisent néanmoins pour provoquer des phénomènes d'excitation, ayant leur retentissement sur la maturation, qui en est accélérée.

Quant à la persistance du feuillage et à l'intensité et à la durée plus considérables de la coloration verte, si elle est positivement et constamment constatée chez la vigne, il n'en est pas de même sur nombre d'autres espèces végétales expérimentées. On peut donc dire que ces modifications sont en quelque sorte un cas particulier de l'action des sels de cuivre, dont la nature exacte demande encore à être étudiée. Telles sont les principales conclusions qui ont été récemment développées avec tous les détails d'expérience dans la dissertation présentée par M. Porchet à la Faculté des Sciences de Lausanne. (1)

Nous ne pouvons songer ici à résumer cette étude, dont l'étendue est trop grande et quelques chapitres trop spéciaux. Nous nous bornerons à donner quelques

---

(1) Action des sels de cuivre sur les végétaux, dissertation présentée à la Faculté des Sciences de l'Université de Lausanne, pour l'obtention du grade de docteur ès sciences. Lausanne, Corbaz, 1904.

indications sur l'une des séries d'essais institués pour résoudre la question de la pénétration du cuivre dans les végétaux et spécialement dans la vigne. Il s'agit des essais de culture de sarments dans le *terreau de tourbe*.

En 1893-94 déjà, l'un de nous, à la suite de recherches concernant l'action des sulfates métalliques sur les végétaux avait entrepris dans ce sens une série d'essais dont le résultat donna des indications intéressantes quoique incomplètes.

Au printemps 1903 ces essais furent repris dans les conditions suivantes :

Le 9 avril, des sarments furent détachés des ceps, dans des conditions aussi semblables que possible, et placés dans des vases contenant du terreau de tourbe, en lots de trois sarments dans chaque vase.

Après la plantation, les divers lots ont reçu en arrosage des solutions de sulfate métallique, de concentration variant de 1 % à 0,001 %.

Les quantités totales ainsi réparties ont été les suivantes :

1 <sup>er</sup>	lot :	sulfate de cuivre ( $\text{Cu So}_4$ )	7	grammes
2 <sup>me</sup>	»	»	»	0,7
3 <sup>me</sup>	»	»	»	0,07
4 <sup>me</sup>	»	»	»	0,007
5 <sup>me</sup>	»	fer ( $\text{Fe So}_4$ )	0,7	»
6 <sup>me</sup>	»	magnésie ( $\text{Mg So}_4$ )	0,7	»
7 <sup>me</sup>	»	témoin (eau pure)		
8 <sup>me</sup>	»	sulfate de cadmium ( $\text{Cd So}_4$ )	0,7	»

On ne doit pas tenir compte du dernier lot mis en expérience plus tard que les précédents et sous des conditions défavorables.

Dans la suite, la tourbe a été maintenue humide par arrosage à l'eau ordinaire.

Voici un résumé des constatations faites : dix jours après la plantation, les bourgeons des lots II, III, IV

commencent à se gonfler. Onze jours plus tard, le lot VI ( $\text{Mg So}_4$ ) possède déjà quatre feuilles développées, les bourgeons de II et III s'entr'ouvrent, dans les autres lots aucun développement ne se manifeste. Par contre trente-trois jours après la mise en expérience, on constate que les bourgeons ont poussé dans tous les lots, sauf dans celui traité au fer, qui a pris deux mois pour se développer.

Les sarments traités au sulfate de cuivre dilué et au sulfate de magnésium se sont montrés les plus vigoureux.

Voici le nombre de feuilles des différents lots, à la fin de la période végétative.

Mise en expérience le 9 avril	14 août	1er septembre
Cu $\text{So}_4$ 7 g. = I	7	16
Cu $\text{So}_4$ 0,7 g. = II	21	25
Cu $\text{So}_4$ 0,07 g. = III	33	33
Cu $\text{So}_4$ 0,007 g. = IV	16	21
Fe $\text{So}_4$ 0,7 g. = V	10	15
Mg $\text{So}_4$ 0,7 g. = VI	30	34
Témoin = VII	14	21

Nous sommes donc en présence d'une action stimulante du sulfate de Mg. et du sulfate de cuivre à certaine concentration; pour ce dernier sel, dans cette expérience, cette action excitatrice est maximum pour une concentration de 0.01 %; elle diminue dans les lots II et IV, et fait place, dans le lot I,  $\text{Cu So}_4$  1 %, à une réelle action toxique.

La coloration des feuilles des sarments traités au cuivre était caractéristique, surtout pour les lots I à III.

En automne, on a observé, concernant la persistance du feuillage, les mêmes faits que dans les vignes sulfatées : les sarments du lot témoin ont perdu leurs feuilles très tôt, puis sont venus les lots traités au sulfate de magnésie et au sulfate de fer, tandis que les sarments traités au sulfate de cuivre conservaient leur feuillage et cela d'autant plus longtemps que la concentration du liquide cuprique était plus élevée.

Les photographies qui accompagnent cette note montrent du reste mieux que ne le ferait une description les résultats obtenus dans cette série d'essais, soit la reproduction exacte des deux phénomènes caractéristiques des vignes sulfatées :

1. poussée plus vigoureuse et plus hâtive ;
2. coloration plus intense et persistance plus prolongée des feuilles.

Le dosage du cuivre a été fait dans les lots I à IV, et on a trouvé, pour 100 gr. de substance végétale sèche.

Lot I	0,0133 gr. Cu.
Lot II	0,0019 » »
Lot III	traces »
Lot IV	0 »
Témoin	0 »

Dans le lot III le dépôt de métal était très caractéristique mais cependant pas dosable, car en opérant sur la totalité du lot on n'a obtenu que moins de 0,0001 gr. Cu.

On voit donc qu'il suffit de quantités excessivement faibles de cuivre pour provoquer l'excitation.

D'autre part il est important de relever le fait que dans ces recherches les sarments ont pu se développer et s'enraciner en présence de quantités relativement élevées de cuivre (7 gr.). Connaissant l'action toxique si énergique qu'exercent les sels de cuivre, même à faible dose, sur les racines, on est naturellement amené à

supposer que ce métal était fixé par la tourbe en une combinaison insoluble ou, tout au moins, ne possédant pas de propriétés toxiques vis-à-vis du système racinaire. On sait que l'élément caractéristique de la tourbe est la matière organique acide à laquelle on a donné le nom d'acide humique.

Dans les sols cultivés, cet acide est neutralisé par les sels minéraux, le carbonate de calcium, surtout, formant avec lui l'humate de calcium. Était-ce à une combinaison analogue entre l'acide humique et les sels de cuivre qu'il fallait attribuer l'atténuation de la toxicité de ces derniers ?

On a préparé cet humate de cuivre en dissolvant, sous forme d'humate d'ammonium, l'acide humique de la tourbe dans l'ammoniaque. Pour purifier l'acide humique, celui-ci a été ensuite précipité par l'acide chlorhydrique, filtré, lavé, puis chauffé à ébullition avec de la soude caustique et précipité à nouveau. Ce traitement a été opéré à plusieurs reprises. L'acide, ainsi obtenu, transformé en humate d'ammonium, en solution aussi neutre que possible, a été précipité, par addition d'une solution de sulfate de cuivre, sous forme d'humate de cuivre, précipité brun verdâtre qui a été lavé jusqu'à disparition de la réaction du cuivre. L'humate de fer a été préparé de la même manière.

Les essais entrepris avec ces sels ont porté sur quatre pieds de vigne de trois ans, c'est-à-dire possédant un système racinaire parfaitement développé.

Chaque pied fut placé dans un bocal en verre, contenant une solution nutritive sans fer. Une semaine après, les sels métalliques furent ajoutés : deux pieds ont reçu respectivement 1 et 5 gr. d'humate de fer, les deux autres la même quantité d'humate de cuivre. Dans tous les lots, les plantes ont manifesté une vigueur nouvelle qu'on pourra peut-être attribuer, il est vrai, à l'action de la matière organique (bien que la solution nutritive contint de l'azote en suffisance) et non à l'influence des

sels métalliques. La poussée n'a pas été plus vigoureuse dans les ceps traités au cuivre que dans ceux qui avaient reçu l'humate de fer ; mais, par contre, le feuillage des premiers possédait la teinte particulière, signalée dans les recherches précédentes. Le fait était si caractéristique que certaines feuilles présentaient, le long de la nervure principale, en particulier, des reflets bleu vert excessivement caractéristiques. Or, cette différence de coloration ne peut être attribuée qu'à la nature du métal, car les deux humates possédaient sensiblement la même richesse en matières organiques.

L'analyse a donné en effet :

Humate de fer = 79.4 % de matières organiques.

Humate de cuivre = 76.9 % de matières organiques.

Cette expérience est du reste en concordance avec ce que d'autres auteurs ont déjà constaté dans des conditions, il est vrai, différentes.

Ainsi M. Viala, recherchant quelle dose de cuivre on peut confier au sol sans nuire à la vigne, a constaté que dans un sol riche on peut introduire jusqu'à 200 gr. de sulfate de cuivre pour 15 kilos de terre sans que la vigne paraisse incommodée. Au contraire les feuilles paraissent plus vertes et plus vigoureuses. On peut donc admettre, semble-t-il, que les sols riches en acide humique peuvent absorber d'assez grandes quantités de sels de cuivre, qui en partie au moins se transforment en humate, forme sous laquelle ce métal perd sa toxicité vis-à-vis des racines, et devient en quelque mesure inoffensif. Des recherches plus complètes dans ce sens peuvent avoir de l'intérêt, et nous les continuerons soit au laboratoire, soit peut-être dans des conditions plus variées.

E. CHUARD & F. PORCHET.

Laboratoire de la Station viticole de Lausanne.





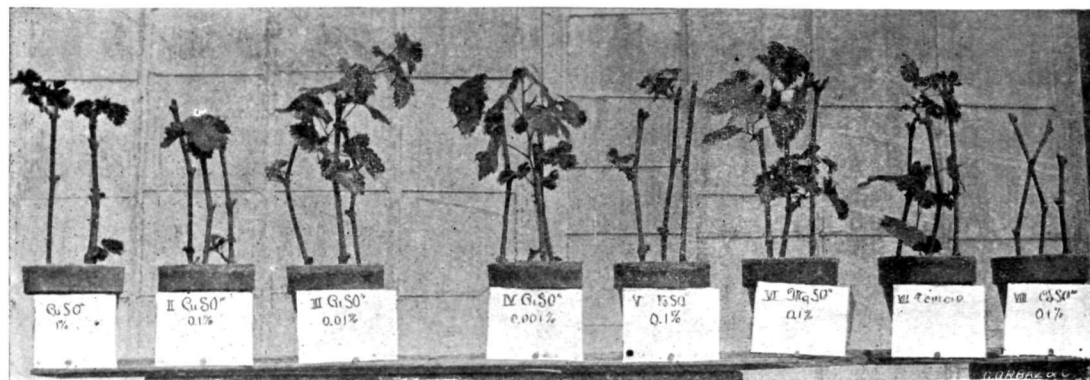
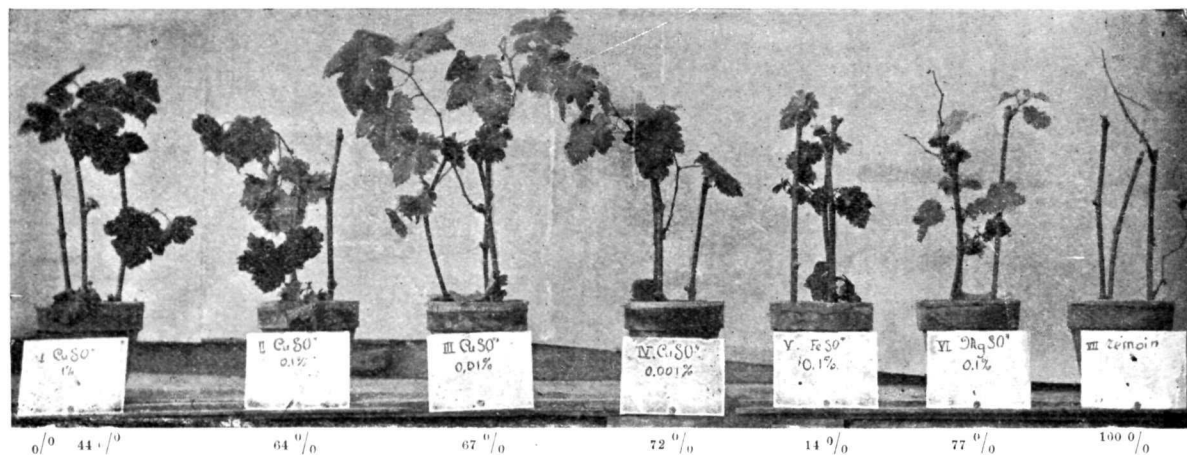


FIG. 1. — Culture de sarments en tourbe. (Photographie prise au moment de la poussée.)



Feuilles tomb.

FIG. 2. — Culture de sarments en tourbe. (Photographie prise au moment de la chute des feuilles.)